

具有鲁棒性的图像骨架提取方法

赵春江, 施文康, 邓勇

(上海交通大学电子信息学院, 上海 200030)

(zhaocj@sjtu.edu.cn)

摘要:基于最大正方形的中轴变换,提出了一种二值图像的骨架提取算法。首先通过计算目标像素邻域内最大正方形的所有像素的个数来进行中轴变换,判断骨架点,并提取骨架。如果通过设定一个阈值,再提取骨架,就可以滤除背景中的噪声。实验结果表明:该方法提取的骨架效果好,通过与基于传统中轴变换和形态学提取骨架方法进行比较,该方法抗干扰能力强。

关键词:骨架提取; 中轴; 鲁棒性

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

New robust extraction method of image skeleton

ZHAO Chun-jiang, SHI Wen-kang, DENG Yong

(School of Electronics & Information Technology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Based on the medial axis transform of the upright maximal squares, a new robust binary image skeletonization was proposed in this paper. By computing the numbers of the maximal neighboring pixels in an object, the transform image was obtained, and then skeleton was extracted. If the threshold was initialized, this method could extract the skeleton from the noisy image. Experimental results show that this method can excellently extract the skeletons. Moreover, compared with the traditional medial axis transform (MAT) method and morphology method to skeletonization, this method is robust to background noise.

Key words: skeleton extraction; medial axis; robust

0 引言

近年来人们提出了许多骨架提取算法^[1,2],但各种骨架提取方法对噪声十分敏感。在对图像进行二值化处理以便能够提取骨架时,由于各种原因,图像中的背景会带有噪声。而目前的方法还不能从带有噪声背景的图像中直接提取出物体的骨架,必须先进行预处理,滤除噪声后才能再进行骨架提取。本文提出了一种鲁棒性较好的骨架提取方法,该方法可以在提取骨架的同时,抑制背景噪声,并且骨架的连续性和单像素性也较好。

1 具有鲁棒性的骨架提取方法

1.1 基于中轴变换和数学形态学的骨架提取方法

对数字离散图像进行骨架提取方法中,最常用的是中轴变换(MAT)方法和数学形态学方法。

基于中轴变换的方法就是找到图像中所有最大正方形^[3,4]。如下面所示:

$$M[i, j] = \begin{cases} 0 & \text{if } I[i, j] = 0 \\ \max\{k \mid I[i+g, j+h] = 1, \\ \text{for all } g, h, s. t. \quad 0 \leq g \leq k-1, \\ 0 \leq h \leq k-1\} & \text{if } I[i, j] = 1 \end{cases}$$
$$T[i, j] = \begin{cases} \text{true} & \text{if } \max\{M[i, j-1], M[i-1, j], \\ & M[i-1, j-1]\} \leq M[i, j] \neq 0 \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中,在二值图像 I 中, $M[i, j]$ 是像素为1的最大方形的

边长, (i, j) 是该方形左上角的像素所在位置。当 $T[i, j]$ 为true时, (i, j) 就是最终的图像骨架像素点。

形态学是以图像形态分析为基础,用具有一定形态结构的“结构元素”去度量图像的形态,以解决图像理解问题。骨架的形态学表达方程为^[5-7]:

$$\text{Skel}(S) = \bigcup \{(S \ominus nB) \setminus [(S \ominus nB) \circ B]; n = 0, 1, 2, \dots\}$$

它表示对于 $n = 0, 1, 2, \dots$,图像 S 内所有最大图形 nB 的中心所构成的集合。

1.2 本文方法

P_{25}	P_{26}	P_{27}	P_{28}	P_{29}	P_{30}	P_{31}
P_{48}	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{32}
P_{47}	P_{23}	P_1	P_2	P_3	P_{14}	P_{33}
P_{46}	P_{23}	P_8	P	P_4	P_{15}	P_{34}
P_{45}	P_{22}	P_7	P_6	P_5	P_{16}	P_{35}
P_{44}	P_{21}	P_{20}	P_{19}	P_{18}	P_{17}	P_{36}
P_{43}	P_{42}	P_{41}	P_{40}	P_{39}	P_{38}	P_{37}

图1 像素P的邻域像素

在数字离散域内,一般是用最大正方形来代替连续域中的最大圆来提取骨架的。本文提出的方法,也是基于最大正方形。但它是用所求像素的邻域内最大正方形的像素个数来搜索骨架点。如图1所示。 P 为所求像素,它的第一层邻域为8邻

域, P_1 到 P_8 为它的所有邻域像素; 第二层邻域为 24 邻域, P_1 到 P_{24} 为它的所有邻域像素; 第三层邻域为 48 邻域, P_1 到 P_{48} 为它的所有邻域像素; 依此类推。

本文方法提取骨架的步骤如下:

1) 计算每个像素的最大邻域值, 但它不只是计算目标区域中最大正方形边长的像素个数, 而是计算该像素的邻域内所包括的最多像素值的个数, 并用该值代替像素值。例如在目标区域内, 所求像素 P 的第一层邻域内只有 6 个像素是目标, 即只有 6 个像素值为 1, 则 P 就为 6; 当像素 P 的第一层邻域内的所有 8 个像素的值都为 1, 即它的第一层邻域全部是目标区域时, 则计算第二层邻域。如果像素 P 的第二层邻域的 24 个像素不都在目标区域内时, 则用该邻域内的所有像素值为 1 的个数来代替像素 P ; 如果 24 个像素都在目标区域内, 则继续搜索下一层邻域, 直到它的邻域内的像素有不是目标区域为止。

2) 从中轴变换图中找到相应的骨架点。在 4 邻域内, 当最多只有一个像素值大于中心像素值时, 该像素就被认为是骨架点。

用本文方法对图 2(a) 中的目标进行骨架提取, 得到图 2(b) 的结果。其中在图 2(a) 中, 像素值为 1 的表示目标区域, 像素值为 0 的表示为背景区域。在图 2(b) 中, 带 * 的像素表示的是最终骨架。从图 2(b) 可以看出, 本文方法能够很好地把图像中物体的骨架提取出来, 而且具有抗干扰能力, 能够把原图形中背景的噪声滤除。如像素 (5, 1) 和像素 (7, 3) 为背景噪声, 但在图 2(b) 中, 它们被完全滤除掉了。如果背景中的噪声是由两、三个连续像素组成, 在提取骨架时, 也可以通过设定阈值, 把它们去掉。

1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1	0

(a) 二值图形

2*	4*	4*	0	0	0	0	0
0	4*	5*	5*	4	0	0	0
0	0	0	6*	7*	6	4	0
0	0	0	5	16*	18*	7	4
0	0	0	3	6	7	15*	5
0	0	0	0	0	5	7*	5*
0	0	0	0	0	0	5*	4
0	0	0	0	0	0	2*	0

(b) 骨架图形

图 2 本文方法示意图

2 实验

图 3 和图 4 为用三种方法进行骨架提取的例子。当图像中没有噪声时, 基于中轴变换和数学形态学的方法都能够把图像中物体的骨架很好的提取出来。但当背景中包含噪声时, 用这两种方法得到的骨架就和噪声混和在一起, 骨架无法从图像中识别出来。

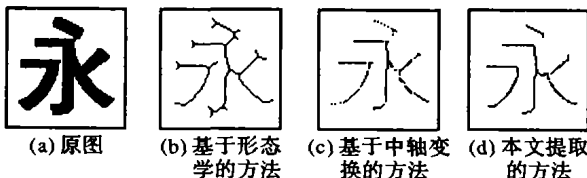


图 3 没有噪声干扰的骨架提取

在用本文提出的方法进行骨架提取时, 当图像中没有噪声时, 只需上述两个步骤就可以把物体的骨架提取出来。从图中可以看出, 该方法得到的骨架与用中轴变换得到的骨架基本相似, 效果较好。但当对带有噪声的图像进行骨架提取时, 为了滤除更多的噪声, 需要设定一个阈值。在进行第二

步运算, 即从变换图中找到骨架点的时候, 只需对像素值大于该阈值的像素点进行计算并提取即可。从图中可以看出, 背景中的噪声被完全的滤除掉了, 并且物体的骨架也被完整的提取出来, 没有任何变形。

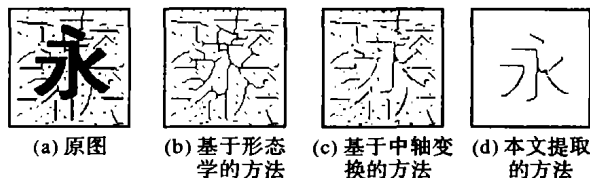


图 4 带有噪声干扰的骨架提取

图 5 为用本文方法对其他一些图像的骨架进行提取的例子。从图 5 可以看出, 本文提出的方法可以对任何复杂的物体的骨架进行提取, 而且同时也具有较好的抗干扰能力, 可以把物体的骨架从带有噪声的背景中提取出来。

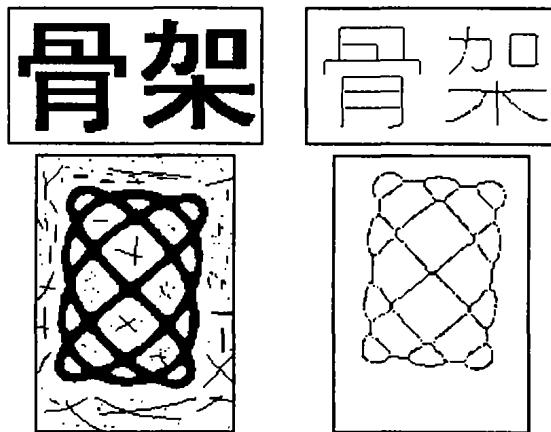


图 5 其他的例子

3 结语

在进行骨架提取之前, 都必须先对图像进行二值化处理。但这个过程会给图像带来噪声, 尤其是背景的噪声会严重的影响到最终骨架的提取。本文提出了一种具有鲁棒性的骨架提取方法。该方法不但能正确的提取出物体的骨架, 而且能够抑制噪声, 可以从带有噪声背景的图像中提取出骨架。方法简单, 效果好, 鲁棒能力强。

参考文献:

- [1] 车武军, 杨勋年, 汪国昭. 动态骨架算法[J]. 软件学报, 2003, 14(4): 818-823.
- [2] 张若文, 滕奇志, 孙晓刚, 等. 一种快速简便的图像骨架变换方法[J]. 信息与电子工程, 2003, 3(1): 1-5.
- [3] TSAI H-R. Parallel algorithms for the medial axis transform on linear arrays with a reconfigurable pipelined bus system [A]. Parallel and Distributed Systems, 2002, Proceedings, Ninth International Conference[C], 2002, 12: 123-128.
- [4] FUJIWARA A, INOUE M, MASUSAWA T, et al. A simple parallel algorithm for the medial axis transform of binary images[A]. Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 1996. ICAPP'96. 1996 IEEE Second International Conference[C], 1996, 6: 1-8.
- [5] 张英琦, 张庆林. 数学形态学应用于二值图像的细化[J]. 焦作工学院学报, 1997, 16(4): 39-43.
- [6] 杨志平, 齐清文, 黄仁涛. 数学形态学在空间格局图像骨架提取中的应用[J]. 地球信息科学, 2003, 2(6): 79-83.
- [7] 刘宏申. 击中击中不中变换在笔画细化中的应用[J]. 安徽工业大学学报, 2002, 19(3): 251-253.